

生体膜の構造と機能を再現するバイオチップ（人工生体膜）の社会実装

国立大学法人 神戸大学 森垣憲一

社会的な背景・課題

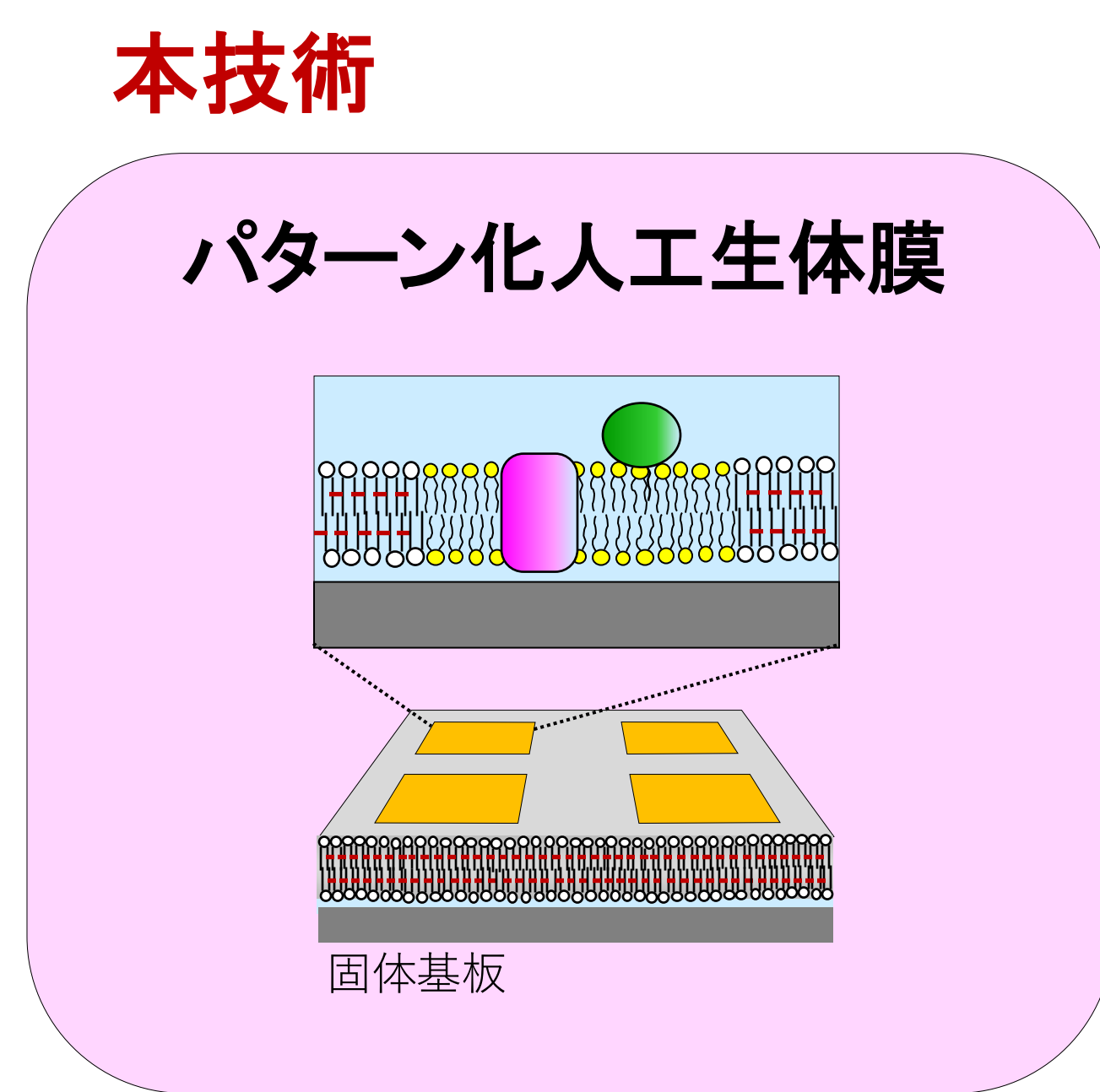
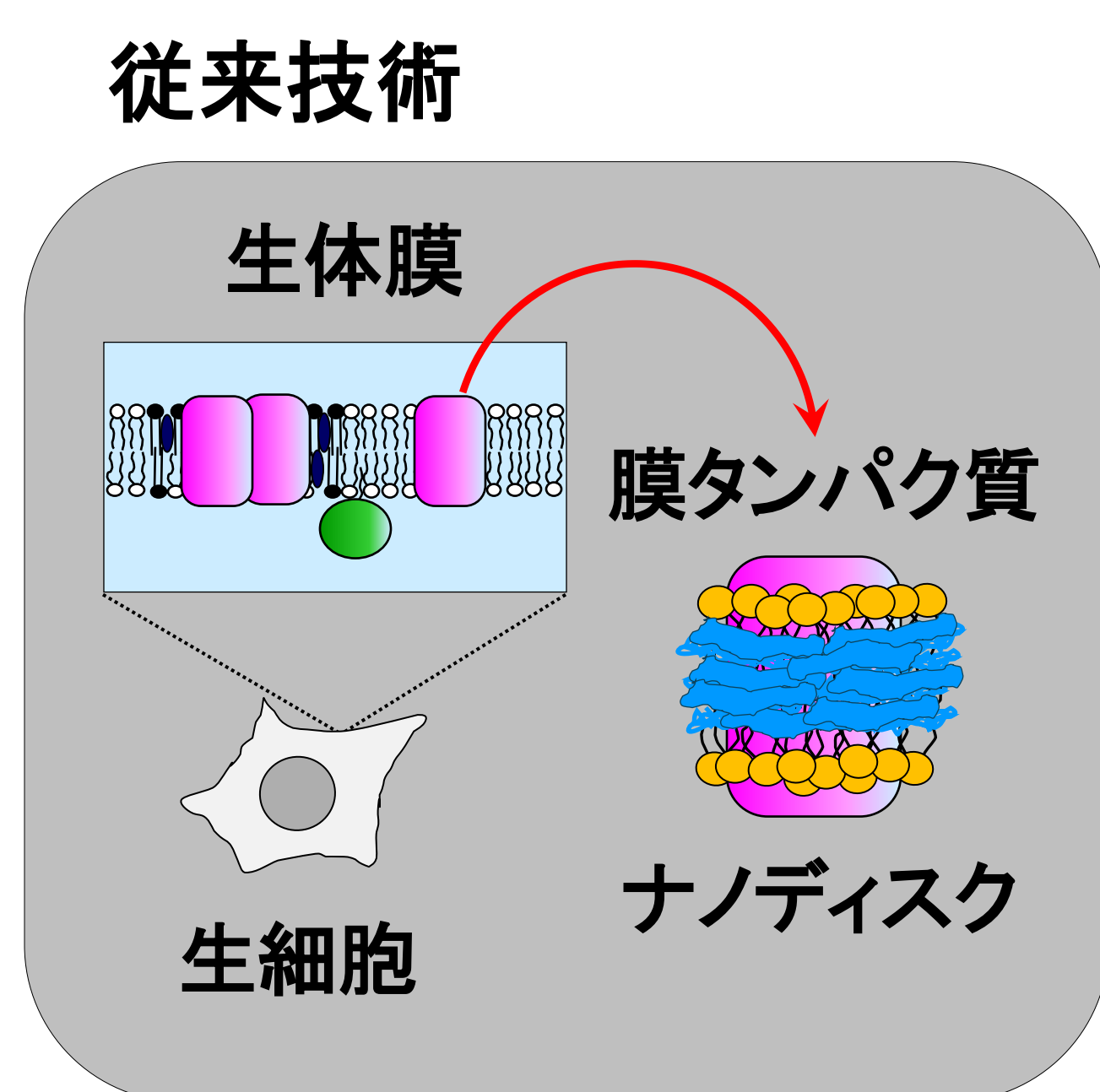
- 生体膜（細胞膜、細胞内膜を含む）はシグナル伝達やエネルギー変換など生命に必須な幅広い機能を担う
- 生体膜機能は創薬、診断、食品、環境物質計測などに重要
- 生体膜が多くの分子からなる動的な超分子系であるため、その物性や機能を理解することは困難

従来の技術・課題

- 従来は細胞そのものや細胞膜断片を用いた解析が主流
- 膜の一部を模倣したナノディスク、人工生体膜も導入されつつある。インシリコ予測も行われる
- いずれの技術も膜機能に関する分子レベルでの詳細かつ定量的な情報を提供できていない

技術のポイント

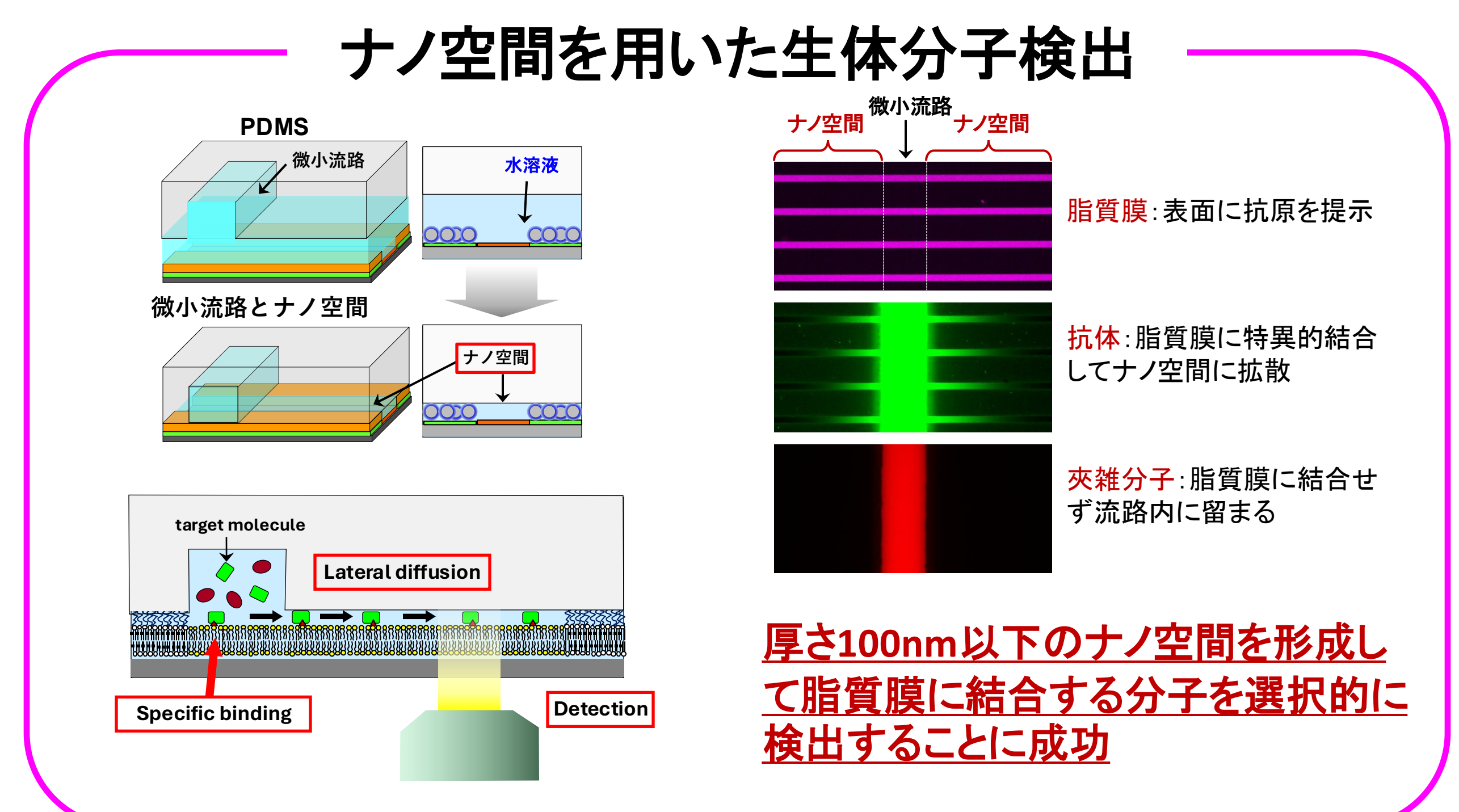
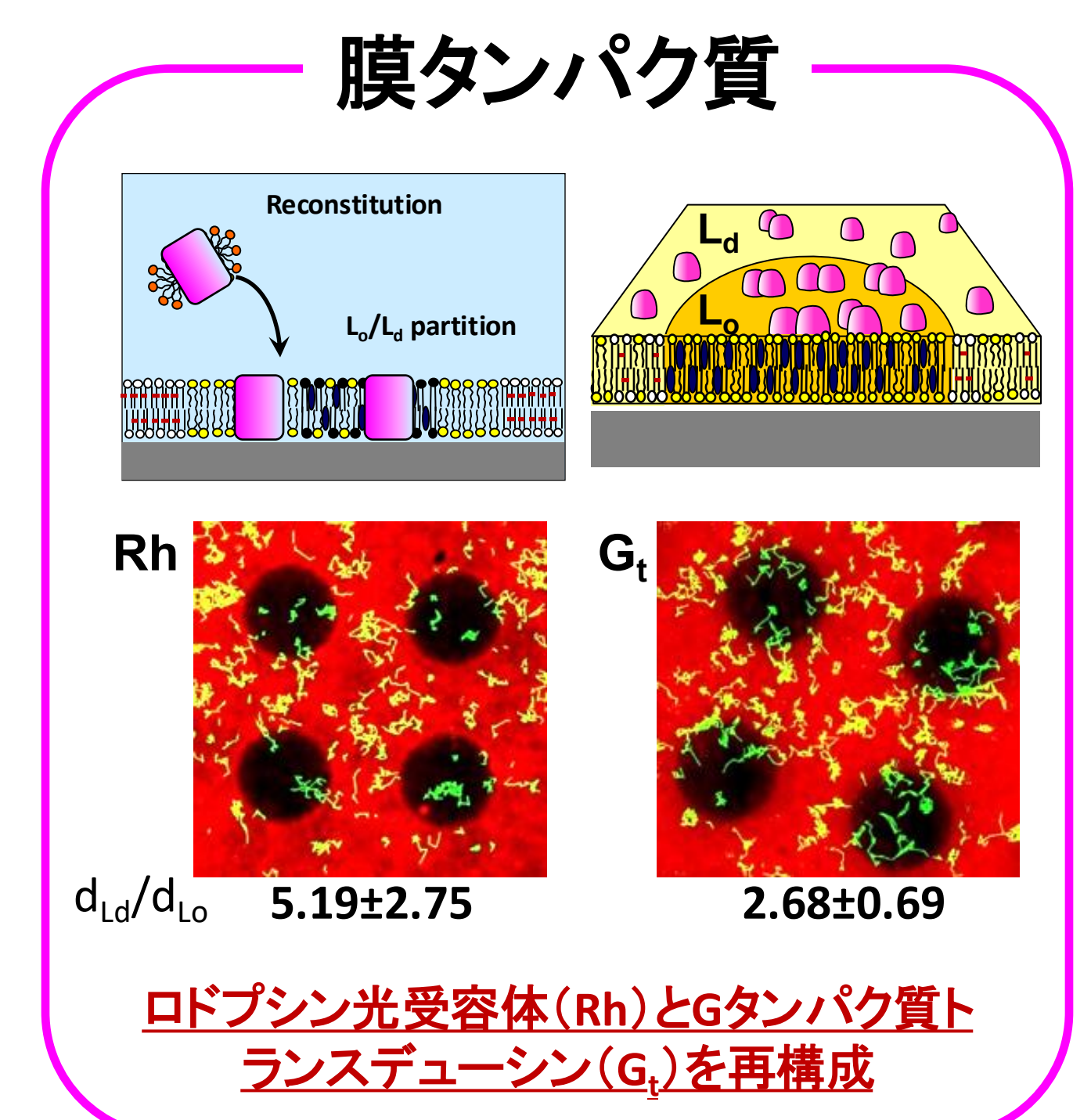
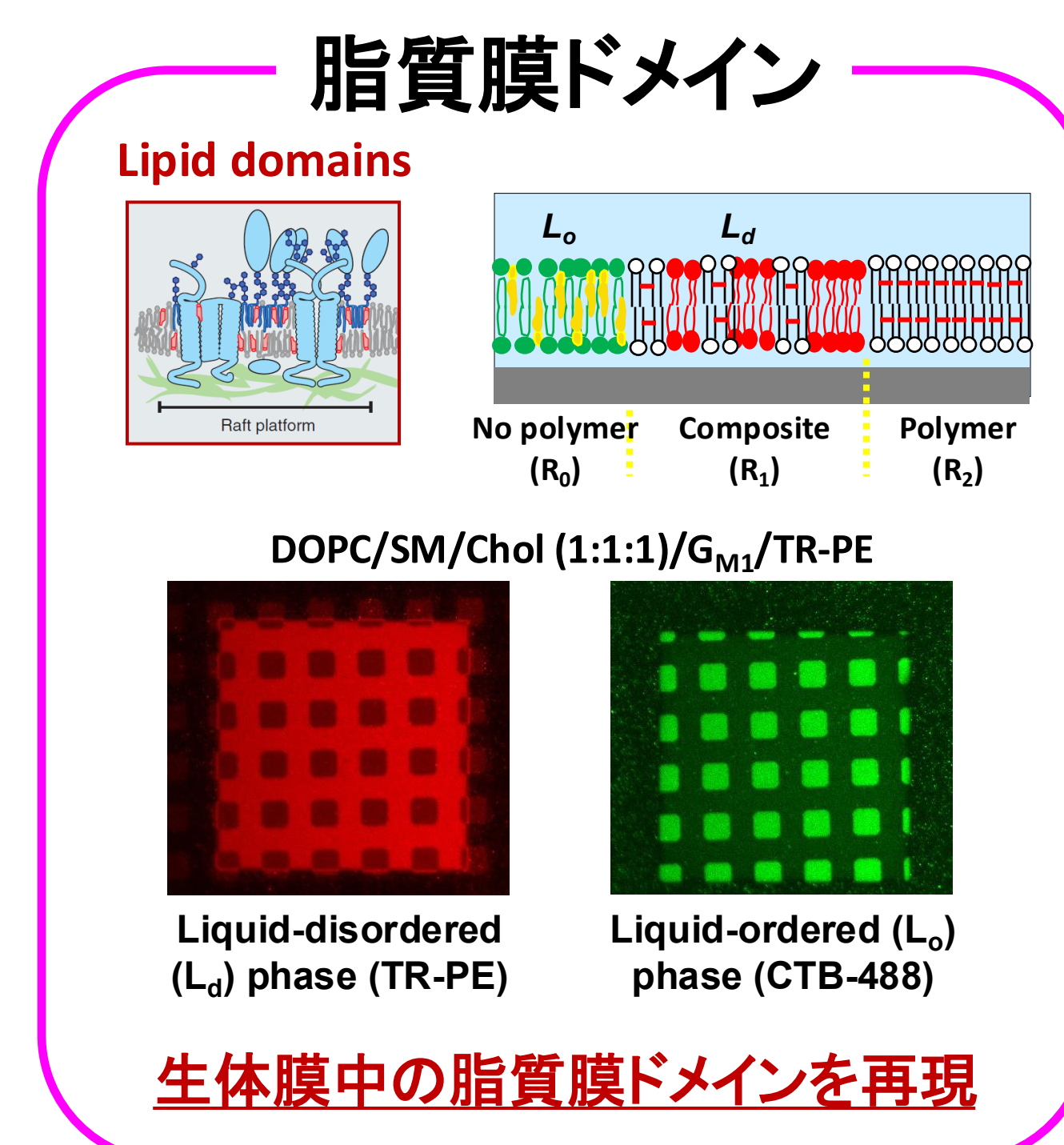
1. ポイント・背景



ここがポイント！

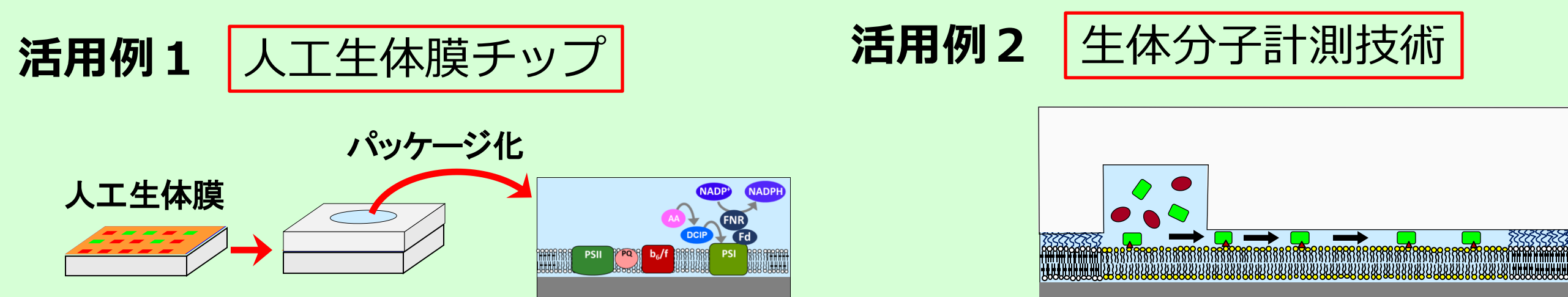
- 固体基板表面に脂質膜をパターン化して生体膜を再現
- ポリマー化脂質膜を枠組みとして脂質膜を安定化
- 膜タンパク質を組み込んで機能計測
- 任意の膜タンパク質、脂質組成を用いて生体膜機能を再現
- 生体膜の物性や機能を超高感度に計測

2. 成果・結果



実用化に向けた今後の展開

想定される活用例



- ✓ 生体膜に関する基礎研究(シグナル伝達など)
- ✓ 創薬支援: GPCR、抗体探索
- ✓ 食品検査: 味覚・臭覚受容体
- ✓ 環境計測: 農薬などの検出
- ✓ 診断: 疾患の高感度・正確・迅速な検出

次の分野における連携を求めています

- 人工生体膜チップを用いた生体膜、疾患などの基礎研究
- 創薬、食品検査、環境計測などの応用開発
- 診断・生体分子計測（新規バイオマーカー開拓など）

論文と知財

論文：関連する論文を国際誌に多数発表（原著論文 44報、総説 21報）

知財：

- 「ポリマー脂質二分子膜を用いた機能性基板」特許5532229号（2014年）
- 「ナノギャップ構造型基板」特許6400483号（2018年）
- 「膜タンパク質を含む人工生体膜」特願2021-173293（2021年）
- 「エクソソーム膜結合分子の解析方法」特願2022-132291（2022年）
- 「パターン化ポリマー脂質膜基板を用いた抗原検出方法及び抗原検出キット」特願2025-047602（2025年）

Social background and issues

- Biological membrane (plasma and intracellular membranes) perform a wide range of essential functions, such as signal transduction, and energy conversion.
- Membrane functions are crucial for drug discovery, diagnostics, food and environmental inspections.
- Understanding the physicochemical properties and functions of the biological membranes is challenging.

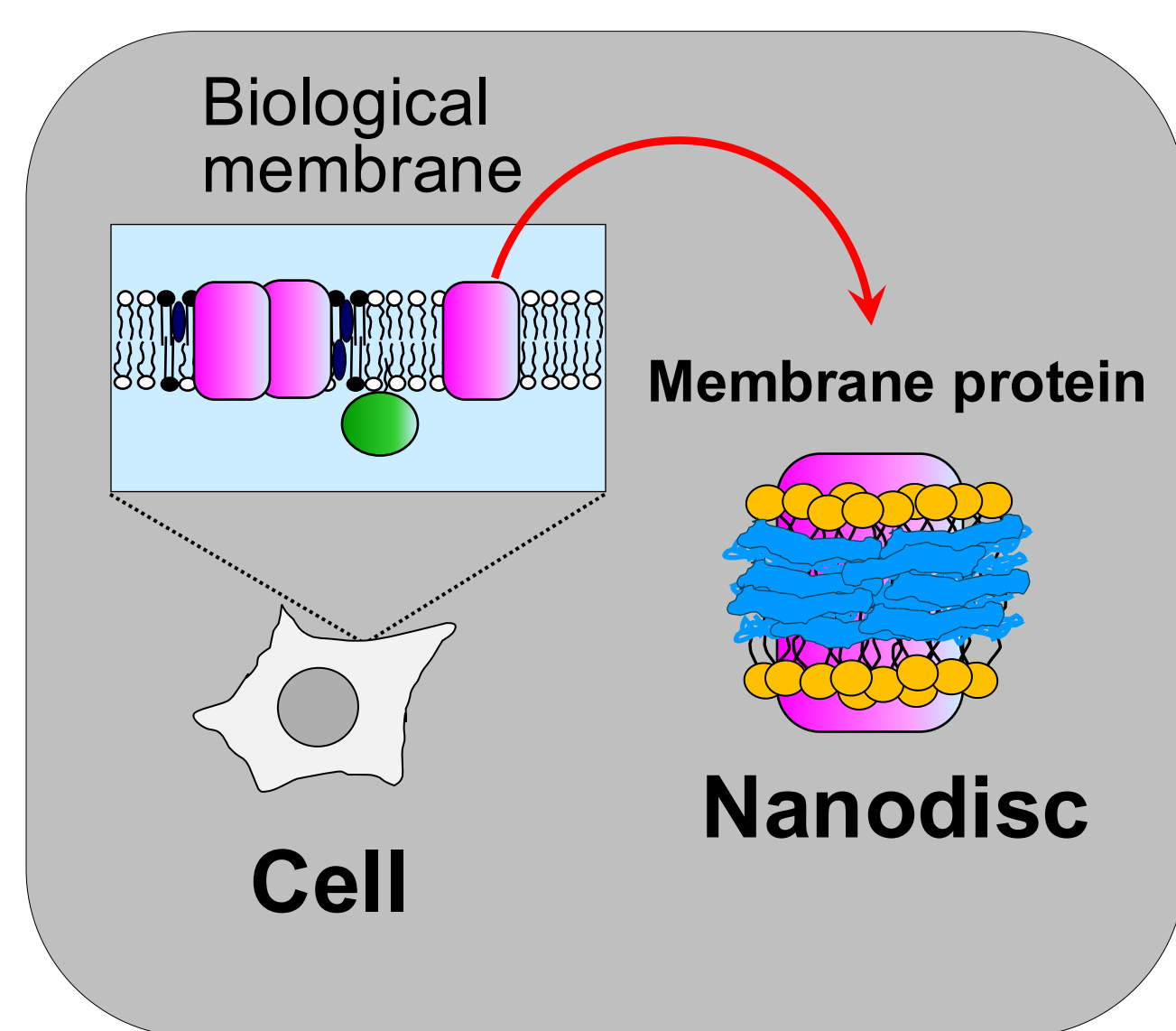
Current state of the technologies

- Cell or cell-derived membranes are mainly used.
- Model membranes (e.g. nanodiscs) and *in-silico* approaches are also being applied.
- These approaches cannot provide detailed information on the membrane functions at the molecular level.

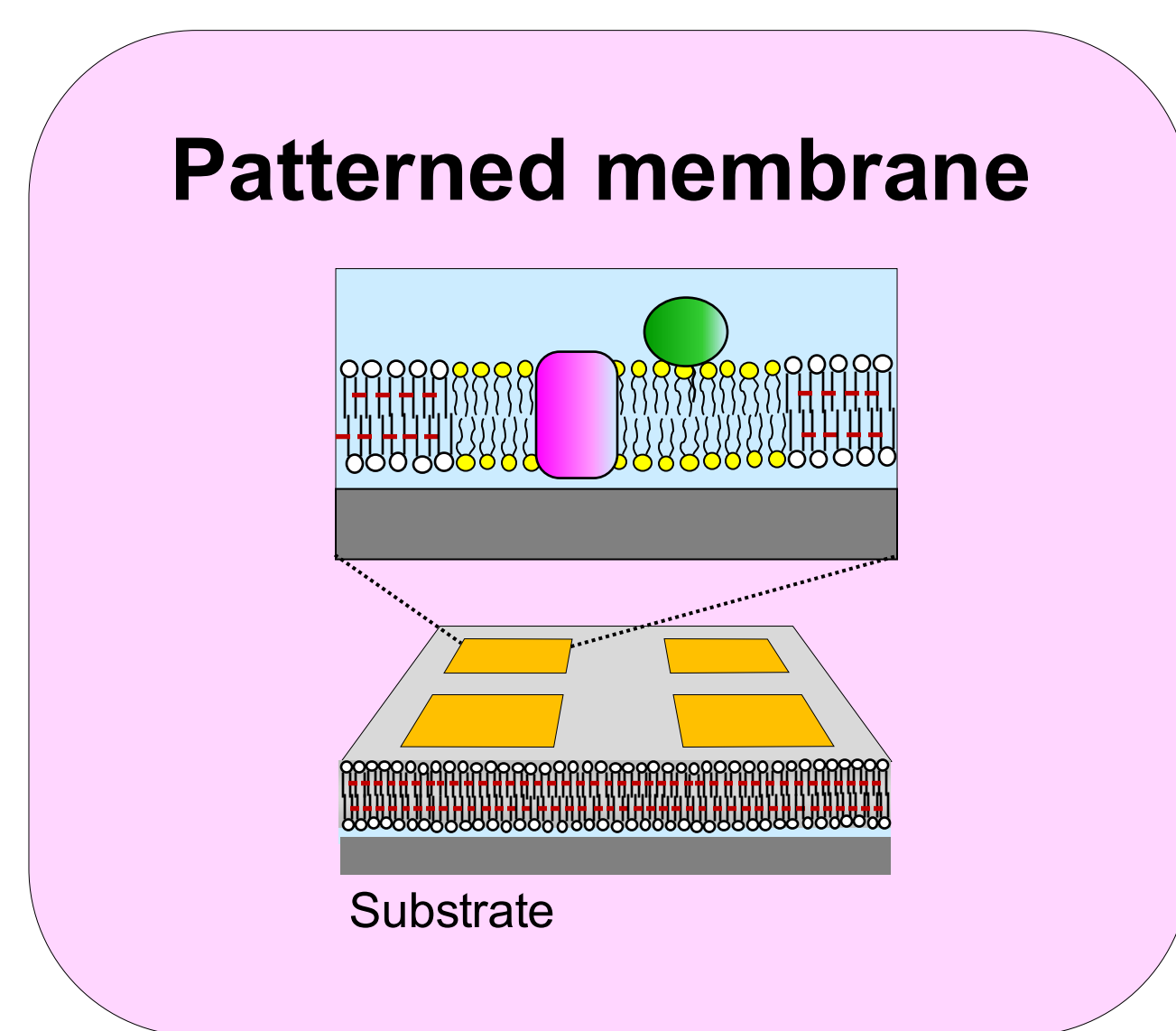
Technical Significance

1. Objectives

Current technologies



Developed technology

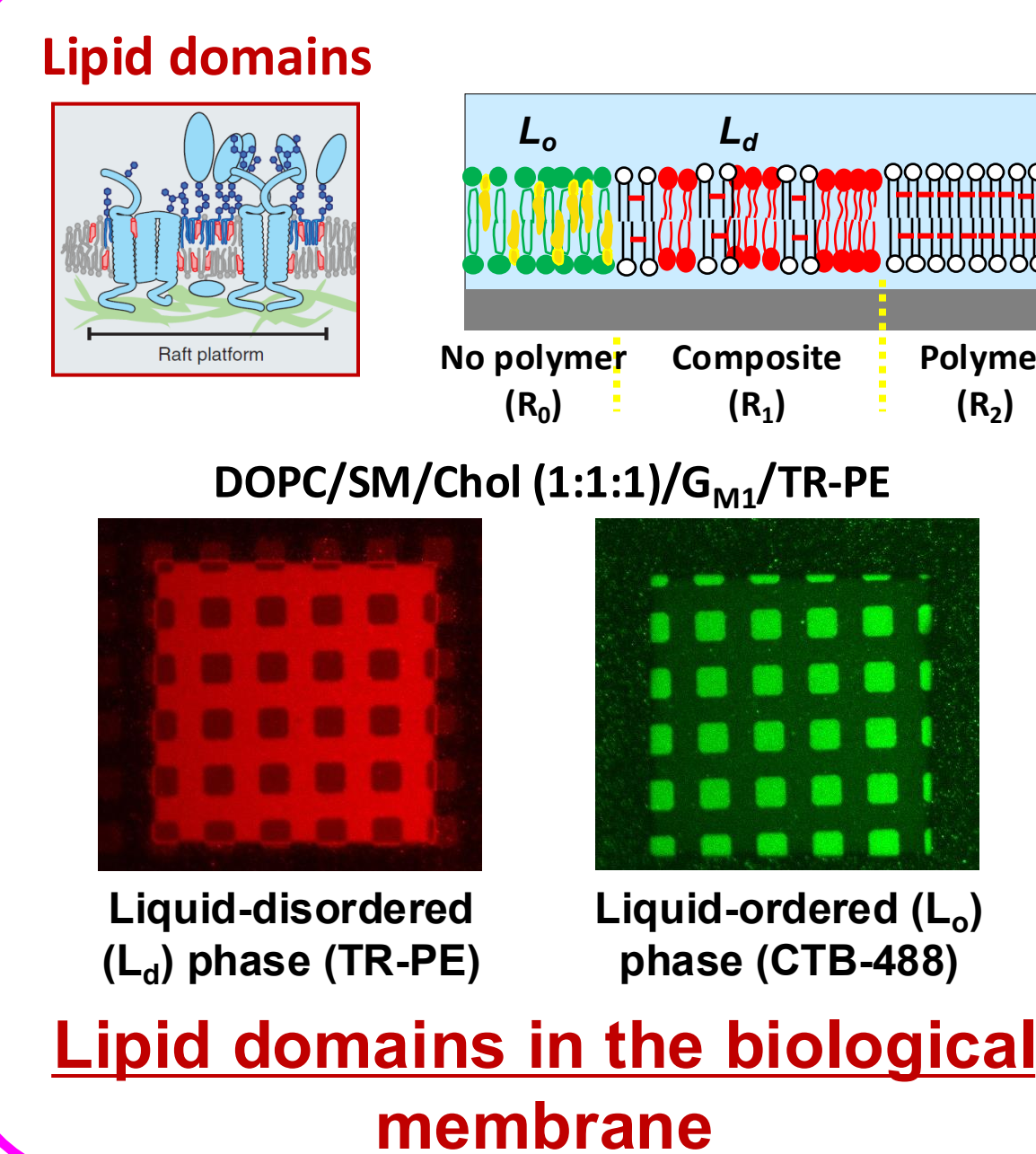


Significance

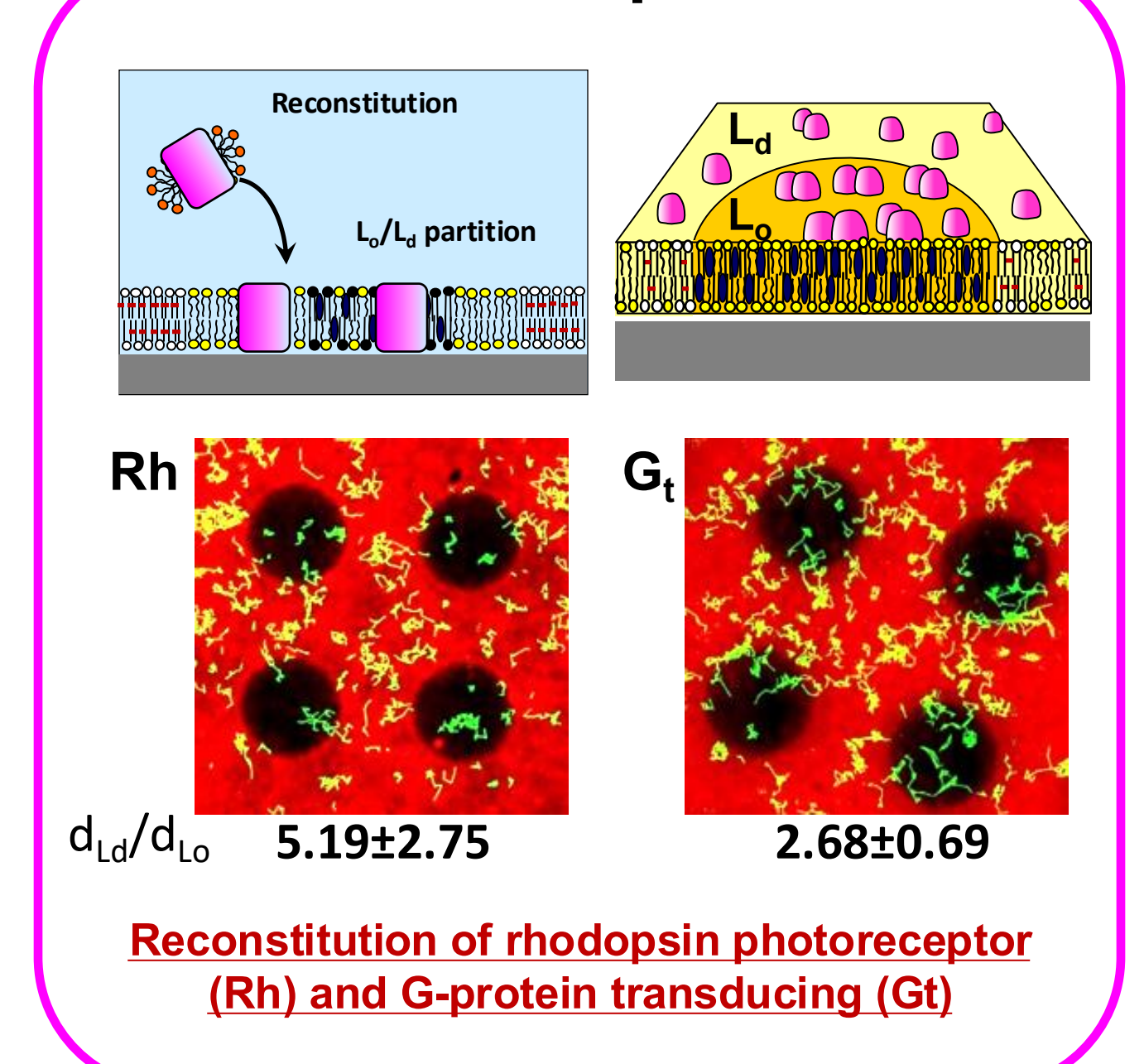
- Patterned lipid membrane on solid substrates can reproduce the biological membrane.
- Polymerized lipid membrane stabilizes the lipid membranes.
- Membrane proteins can be reconstituted for functional assays.
- Membrane functions can be studied in arbitrarily chosen compositions of proteins and lipids.
- Highly sensitive measurements of the membrane properties and functions can be performed.

2. Results

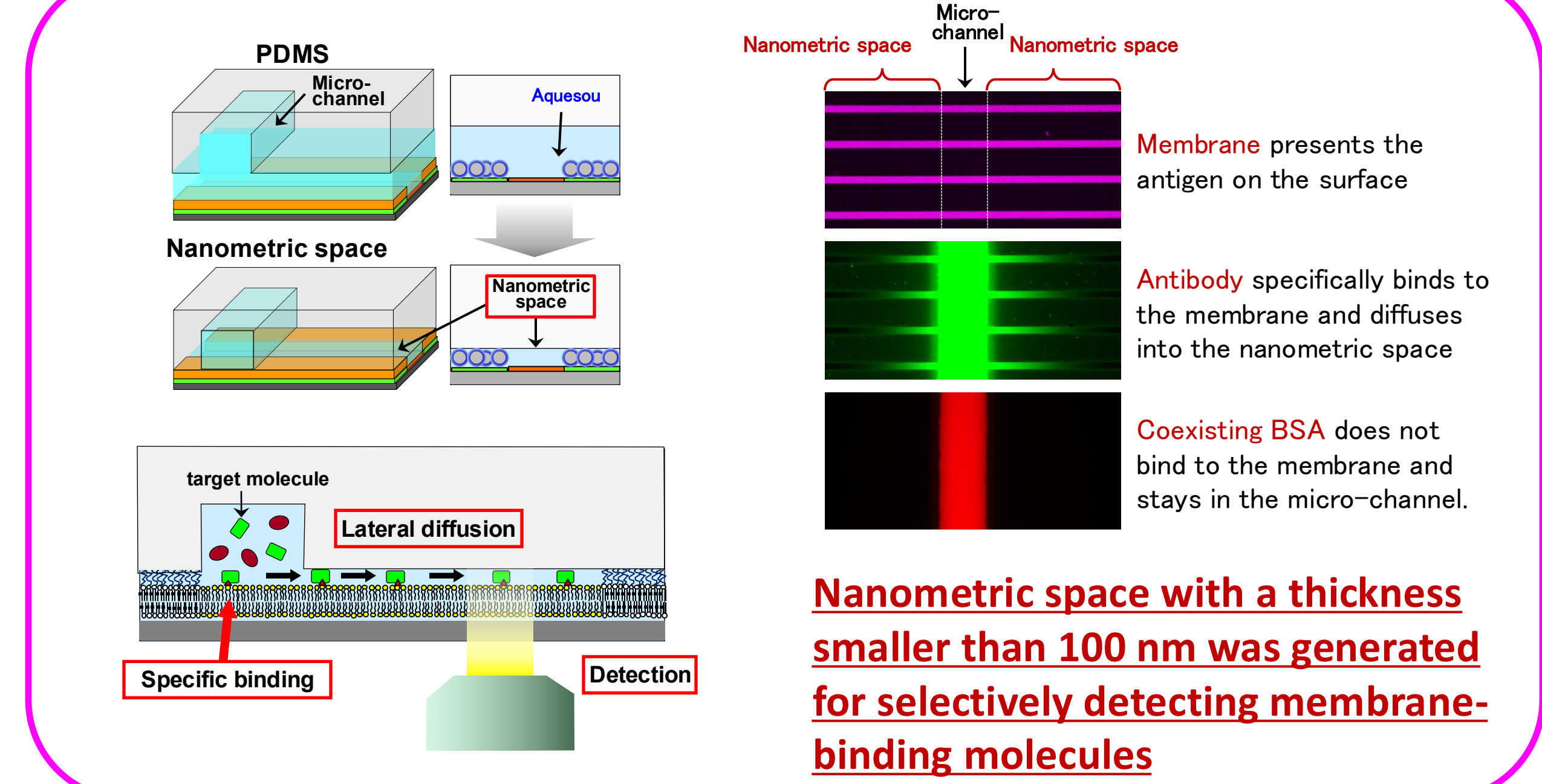
Membrane domains



Membrane proteins



Nanometric space for detection of biomolecules

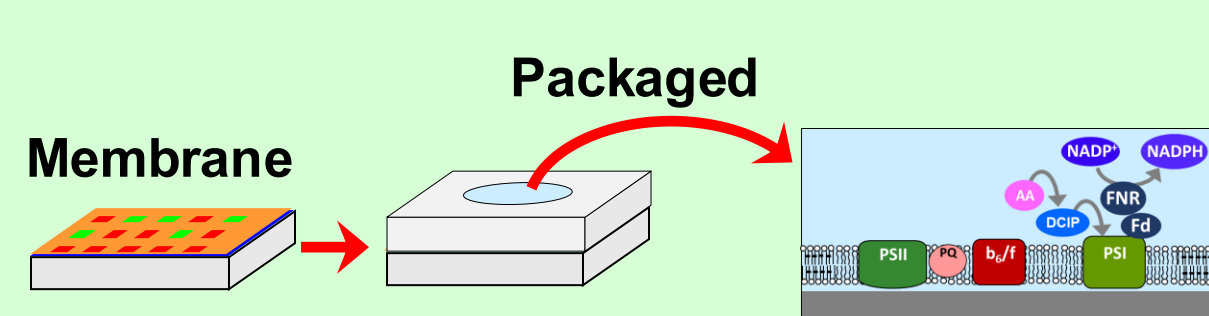


Future Prospective

Envisioned applications

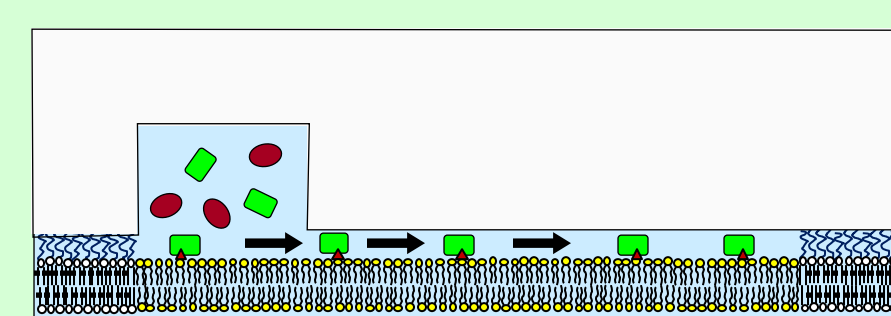
Application 1

Artificial membrane chip



Application 2

Detection of biomolecules



- ✓ Basic research on the biological membrane (signal transduction, etc.)
- ✓ Drug discovery: GPCR, antibody discovery
- ✓ Food inspection: Taste/ smell receptors
- ✓ Environmental measurement: Detection of pesticides, etc.
- ✓ Diagnostics: Sensitive, accurate, rapid detection of diseases

We seek collaboration in the following areas

- Basic research on the biological membrane and diseases
- Development of new applications in drug discovery, food inspection, environmental assessment
- Diagnostics and biosensors (novel biomarkers)

Publications and patents

Publications: 44 original papers and 21 reviews in international journals

Patents:

- Functional substrate using polymeric lipid bilayer, JP patent-5532229 (2014)
- Nanogap-junction-based biochip, JP patent-6400483 (2018)
- Artificial biomembrane containing membrane proteins, JP patent pending 2021-173293 (2021)
- Analysis of membrane-binding molecules in exosomes, JP patent pending 2022-132291 (2022)
- Detection of antigens using patterned polymeric bilayer, JP patent pending 2025-047602 (2025)